

TINJAUAN TENTANG "ANJLOGAN" KENDARAAN — REL

Oleh : Ir. Sigit Priyanto*)

INTISARI

Peristiwa "anjlogan" kereta ("derailment") yang menjadi sebab suatu kecelakaan, diakibatkan oleh timbulnya gaya vertikal ke atas yang demikian besarnya, sehingga dapat mengangkat roda-kereta ke atas rel. Gaya vertikal ke atas tersebut timbul karena adanya gesekan pada saat roda melalui daerah lengkung atau mungkin pengaruh lain dari luar. Oleh karenanya, untuk mengatasi bahaya "anjlogan" perlu dipertimbangkan tentang faktor-keamanan ke luar rel yang ditinjau baik dari gaya ataupun momen yang bekerja.

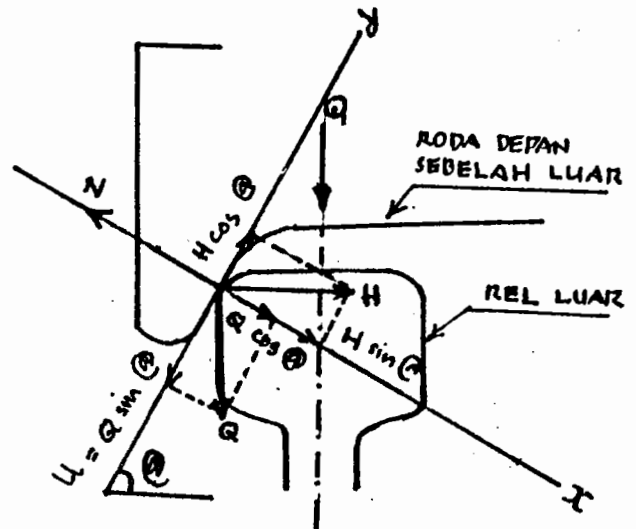
PENDAHULUAN

Sampai saat ini peristiwa ke luar-rel, atau lebih dikenal dengan peristiwa "anjlogan" kereta masih sangat menarik perhatian dan selalu menjadi bahan penelitian, baik di lingkungan ahli perkereta-apian luar negeri ataupun di lingkungan PJKA sendiri.

Peristiwa "anjlogan" yang dimaksud adalah bahaya ke luar-rel yang menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan. Bukan peristiwa ke luar-rel sebagai akibat dari suatu kejadian, misalnya karena lidah-wesel yang kurang merapat, sambungan-rel yang kurang sempurna dan lain sebagainya.

TINJAUAN GAYA YANG BEKERJA

Untuk mempermudah penjelasan baiklah diambil suatu contoh kendaraan-rel yang melalui daerah lengkung dengan jalan-bebas. Yang dimaksud dengan jalan-bebas adalah jalan-rel dimana pada saat kereta melalui daerah lengkung flens-roda depan yang sebelah luar menekan pada rel-luar, sedangkan flens-roda belakang yang sebelah dalam tidak menekan pada rel-dalam, sehingga bebas. Uraian dari gaya-gesek yang timbul karena adanya tekanan flens roda depan terhadap rel-luar dapat dilihat seperti gambar 1.



Gambar : 1.

- @ = sudut dari flens-roda
- Q = tekanan roda yang disebabkan oleh berat kereta.
- H = gaya-horizantal dari flens-roda yang menekan rel, disebut juga gaya -arah.

Gaya-gaya Q dan H masing-masing diuraikan ke arah sumbu X dan sumbu Y. Uraian gaya ke arah sumbu X dilawan oleh gaya normal N, yaitu gaya reaksi dari tekanan

*) Anggota Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil FT. UGM

rel, maka : $N = H \sin @ + Q \cos @$. Adanya gaya-normal N ini menyebabkan timbulnya gaya-gesek W , sebesar $W = f \cdot N$, dimana f adalah koefisien-gesek antara roda dan rel. Gaya-gesek W dapat pula dituliskan sebagai $W = f (H \sin @ + Q \cos @)$. Sedangkan uraian gaya ke arah sumbu Y adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{— ke arah atas} \quad V &= W + H \cos @ \\ &= f \cdot (H \sin @ + Q \cos @) + H \cos @ \\ &= H \cdot (f \sin @ + \cos @) + f \cdot Q \cos @ \\ \text{— ke arah bawah} \quad U &= Q \sin @. \end{aligned}$$

FAKTOR-KEAMANAN-KE LUAR-REL

Untuk menjaga agar roda tidak ke luar-rel, atau terjadi "ANJLOGAN", maka gaya U harus lebih besar dari pada gaya V . Sehingga yang diartikan dengan faktor-keamanan-ke luar-rel adalah nilai banding antara gaya U dan V , jika diberi notasi n , maka :

$$n = U/V = Q \sin @ / (H \cdot (f \sin @ + \cos @) + f \cdot Q \cos @).$$

Jika persamaan tersebut dibagi dengan $Q \cos @$, maka akan menghasilkan:

$$\begin{aligned} n &= (\sin @ / \cos @) / (H/Q \cdot (f \sin @ / \cos @ + 1) + f) \\ &= \text{tg} @ / (H/Q \cdot (f \cdot \text{tg} @ + 1) + f) \end{aligned}$$

atau

$$\begin{aligned} n \cdot H/Q \cdot (f \cdot \text{tg} @ + 1) + n \cdot f &= \text{tg} @ \\ H/Q &= (\text{tg} @ - n f) / (n \cdot (f \cdot \text{tg} @ + 1)) \end{aligned}$$

Jika nilai f diambil maksimum yaitu $f = 0,25$ sedangkan untuk profil roda baru dan bersih besarnya sudut-flens-roda adalah 60° atau $\text{tg } 60^\circ = 1,73$, maka:

$$H/Q = (1,73 - 0,25) / 1,43 \cdot n.$$

Untuk berbagai nilai n , maka nilai H/Q menjadi:

$n = 1$	$H/Q = 1,04$	$= 104 \%$
$N = 2$	$H/Q = 0,43$	$= 43 \%$
$N = 3$	$H/Q = 0,23$	$= 23 \%$

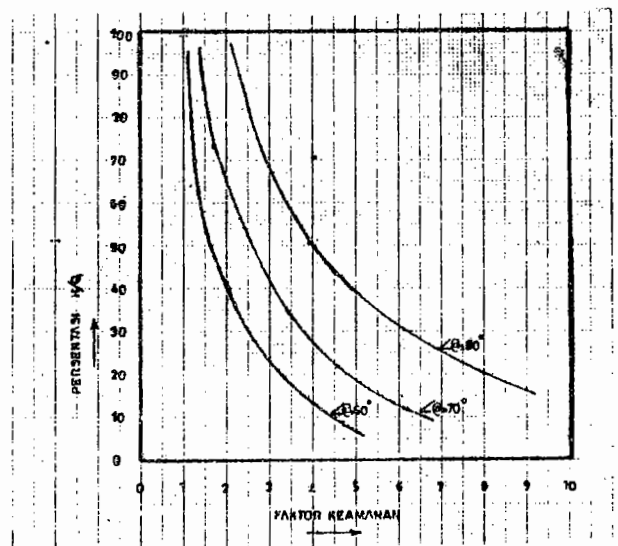
Demikian pula dapat diperhitungkan jika sudut flens-roda 70° , 80° dan sebagainya.

Jika nilai-nilai tersebut di atas dilukiskan pada suatu diagram, dimana sumbu datar merupakan nilai faktor-keamanan dan sumbu tegak merupakan persentasi dari nilai H/Q , maka didapatkan garis-faktor-keamanan-ke luar-rel. Selanjutnya diagram faktor-keamanan-ke luar-rel untuk berbagai sudut flens-roda dapat digambarkan seperti gambar No. 2.

KEAUSAN FLENS-RODA

Bentuk daripada flens-roda yang ada telah memperhitungkan faktor-keamanan-ke luar-rel, sehingga flens-roda sebelah luar dibuat dengan kemiringan tertentu dengan maksud untuk memperkecil bidang-gesek yang menekan rel. Demikian pula permukaan flens-roda sebelah dalam, juga dibuat dengan kemiringan tertentu dengan maksud agar roda dapat dengan mudah melalui lidah-wesel.

Benturan antara flens-roda dan kepala-rel yang terus-menerus ketika kereta berjalan menyebabkan keausan, baik bagi flens-roda ataupun kepala-rel. Selanjutnya dalam uraian ini diasumsikan bahwa, flens-roda mengalami keausan lebih dulu daripada kepala-relnya, atau dengan anggapan bahwa rel dibuat dengan material yang lebih tahan aus daripada flens-rodanya.



Gambar 2
Diagram Faktor-Keamanan-Keluar-Rel

Menurut berbagai penelitian, maka keausan flens-roda dibatasi tidak boleh lebih dari 8 mm. Sehingga apabila batas aus maksimum tersebut dicapai maka roda harus di "reprofiling".

Dari diagram faktor-keamanan-ke luar-rel dapat diketahui bahwa apabila semakin besar sudut $@$, maka semakin amanlah terjadinya bahaya ke luar-rel. Sehingga memberikan kesan, jika flens-roda semakin aus akan menjadi semakin aman terjadinya bahaya "anjlogan".

Pernyataan tersebut memang mengandung kebenaran, tetapi tidak seluruhnya benar. Sebab disamping tinjauan terhadap gaya-gaya yang bekerja, faktor-keamanan-ke luar-rel perlu ditinjau pula dari momen-momen yang timbul.

TINJAUAN MOMEN YANG BEKERJA PADA BIDANG VERTIKAL

Pada saat melalui daerah lengkung maka roda depan sebelah luar bertumpu pada dua titik yaitu A dan A'. Pada uraian yang telah diterangkan di atas dapat diketahui bahwa roda-kereta akan ke luar rel pada saat gaya horizontal H dari flens-roda yang menekan rel mencapai nilai:

$$H = (tg\theta - f)/(f \cdot tg\theta + 1) \times Q.$$

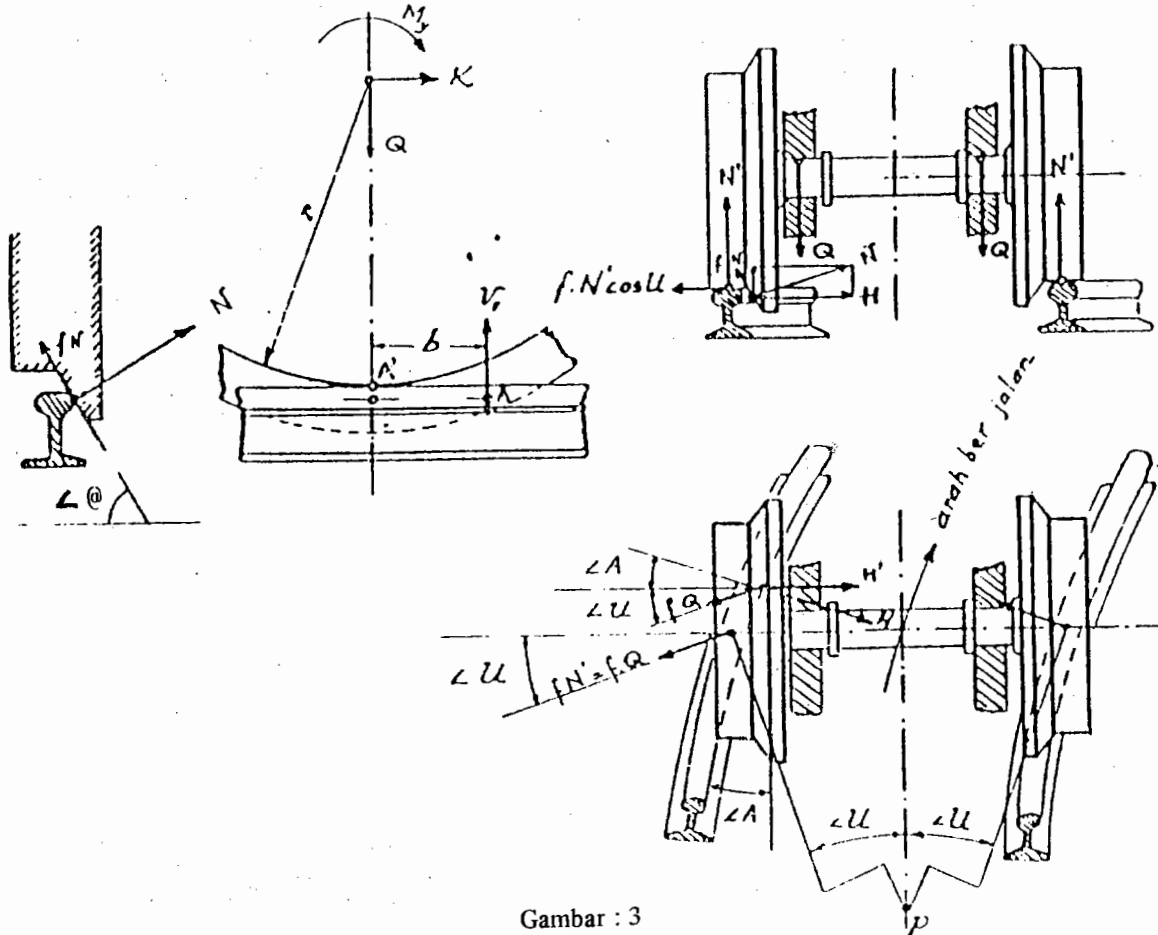
atau pada saat nilai faktor-keamanan-ke luar-rel sama

dengan 1. Namun disamping syarat tersebut di atas perlu juga ditinjau momen yang bekerja pada bidang vertikal, seperti terlihat pada gambar No. 3, sebagai berikut:

Pada gandar depan bekerja tekanan-roda Q, gaya tarik K serta momen yang memutar roda My.

Di titik A bekerja gaya-vertikal ke atas yaitu : $V_1 = f \cdot N \sin\theta$. Titik A' dapat dipandang sebagai titik putaran pada suatu saat, sehingga akan didapatkan persamaan momen, sebagai berikut:

$$b \cdot V_1 = K \cdot r + M_y$$



Gambar : 3

KETERANGAN:

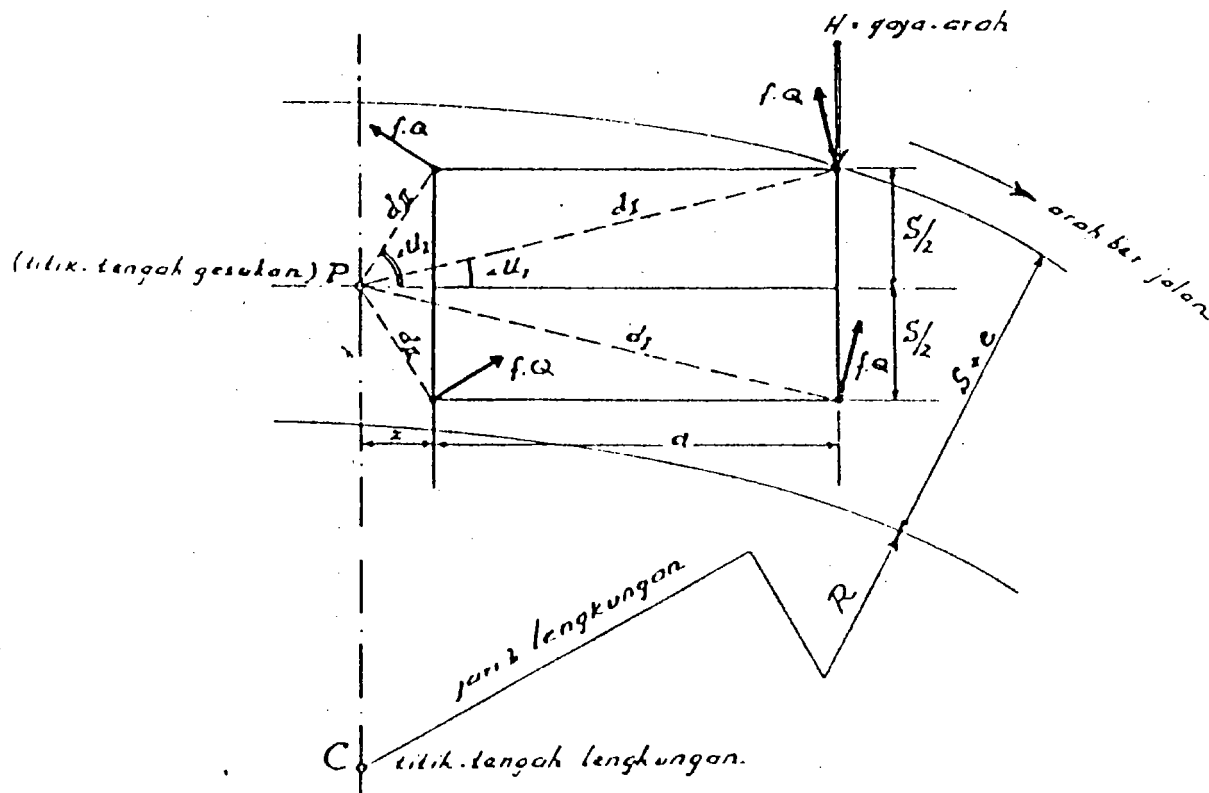
- P : titik-tengah-gesekan.
- A : titik tumpuan dari flens-roda pada rel.
- A' : titik tumpuan dari roda pada rel.
- N : gaya-reaksi dari rel terhadap tekanan flens-roda.
- N' : gaya-reaksi dari rel terhadap tekanan roda.
- H : gaya-arrah.
- H' : tekanan-pengantar.

TINJAUAN MOMEN YANG BEKERJA PADA BIDANG HORIZONTAL

Pada uraian yang telah dikemukakan di atas, dinyatakan bahwa perbandingan antara gaya-arah H dan tekanan roda Q akan menentukan besarnya keamanan terhadap bahaya ke luar-rel. Untuk itu baiklah ditinjau faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya nilai banding antara gaya-arah H dan tekanan-roda Q.

Momen-momen yang bekerja pada bidang horizontal dapat dijelaskan dengan gambar No. 4, sebagai berikut: Apabila kereta sedang membelok, maka akan terjadi suatu pergeseran antara bidang jalan dari roda dengan kepala-rel. Hal tersebut menyebabkan terjadinya gaya-gesek antara roda dengan rel sebagai reaksinya, yaitu sebesar $f \cdot Q$, dimana f adalah koefisien-gesek antara roda dengan rel, sedangkan Q adalah tekanan roda pada rel. Gaya-gaya $f \cdot Q$ pada semua roda tersebut menyebabkan timbulnya

Apabila flens-roda aus dan sudut α menjadi besar, maka bahaya ke luar-rel akan berkurang. Akan tetapi disamping itu juga jarak b akan menjadi besar, sehingga bahaya ke luar-rel akan bertambah. Bagaimanapun juga, flens-roda yang mengalami keausan melampaui batasnya tidaklah aman terhadap bahaya ke luar-rel.



Gambar : 4

KETERANGAN:

- a : jarak-gandar.
s : jarak-lingkar-jalan.
e : pelebaran pada tikungan.

momen-gesek yang dapat bekerja pada setiap titik di sumbu-kereta. Andaikan bekerja pada titik P, maka besarnya momen-gesek yang diakibatkan oleh gaya $f.Q$ tersebut ialah:

$$\begin{aligned} M_w &= f.Q (2 dI + 2 dII) \\ &= 2.f.Q (dI + dII) \end{aligned}$$

Momen M_w ini ditahan oleh sebuah momen reaksi M_r yang ditimbulkan oleh gaya-araf H , yang besarnya adalah:

$$M_r = H.(a + z)$$

Tempat kedudukan titik P tersebut sebenarnya di sepanjang sumbu kereta, sehingga pada suatu saat akan tercapai keadaan seimbang, dimana $M_w = M_r$ atau $2.f.Q (dI + dII) = H.(a + z)$.

Pada keadaan tersebut titik P merupakan titik-putar dari momen-gesek yang timbul, dan disebut sebagai titik-tengah-gesekan.

Pada keadaan seimbang tersebut $H/Q = 2.f (dI + dII)/(a + z)$, karena a merupakan jarak gandar yang nilainya tetap, maka untuk mencari nilai H/Q dilakukan cara coba-coba untuk berbagai nilai z .

KESIMPULAN

Dari uraian sederhana tersebut di atas dapat disimpulkan:

1. Untuk suatu sudut flens-roda tertentu, perbandingan gaya-araf H dan tekanan-roda Q sangat menen-

tukan besarnya keamanan terhadap bahaya "anjlogan" kereta.

2. Keausan flens-roda yang semakin besar tidak selalu berarti menambah keamanan terhadap bahaya "anjlogan" kereta.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bureau of Transport Economics; "Railway Track Design: A Review of Current Practice," CJ Thompson, Commonwealth Government Printer, Canberra May 1980.
2. Fritz Fastenrath, Dipl. Ing, Dr. Ing. Hc; "Railroad-track, Theory and Practice", Frederick Ungar Publishing Co, New York 1981.
3. M. Subyanto, Drs.: "Dinamika Kendaraan-Rel," Bandung, 1977.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas selesainya tulisan ini penyusun tak lupa mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr Ir Sri Harto Br Dip. He yang telah memberikan saran dan petunjuk dalam penyusunan naskah.

====@\$====